Aus der chirurgischen Klinik der Universität Würzburg
(Direktor: Professor Dr. med. Kappis)

Experimentelle Untersuchungen über die Permeabilität des Zahnes

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät der

Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

zur

Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde

vorgelegt von:

Hildegard Herzig
Zahnärztin aus Oberursel/Ts.

1 9 3 6.
Bernhard Sporn, Buchdruckerei und Verlagsanstalt
Zeulenroda

Gedruckt mit Genehmigung
der Medizinischen Fakultät der Universität Würzburg.

Referent: Professor Dr. med. C. Häbler.

Meinen lieben Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153309_0152

Die Diffusionsvorgänge in den harten Zahnsubstanzen sind im Hinblick auf einen etwaigen Zusammenhang mit dem Allgemeinstoffwechsel wie als Teilfrage der Ernährung der Zähne wissenschaftlich von größtem Interesse. Es sind hiefür unter den verschiedensten Gesichtspunkten Untersuchungen angestellt worden, die sich jedoch häufig widersprechen und zu keinem klaren Ergebnis führen konnten. Bei der auch für Therapie und Pathologie der Zähne so bedeutungsvollen Frage der tatsächlichen Verhältnisse versuchte ich, die Durchlässigkeit der Zähne für Stoffe verschiedener Molekulargröße unter systematischem Vorgehen zu bestimmen, um so einer Klärung der Dinge näherzukommen. Die Durchsicht der Literatur zeigt, daß allerdings erst seit wenigen Jahren diese Frage mehrfach zum Anlaß wissenschaftlicher Erörterungen wurde.

Im Jahre 1921 veröffentlichte M. Bauchwitz seine Ergebnisse über Diffusionsuntersuchungen für die harten Zahngewebe. Er glaubte der Erste zu sein, der sich mit dieser Frage beschäftigte, ohne zu wissen, daß Hermann bereits 1910 im Zusammenhang mit einer neuen Theorie der Wurzelbehandlung schon auf diesem Gebiete eine Reihe von Untersuchungen angestellt hatte. Bauchwitz fand auf Grund seiner Versuche: Für harte Zahnsubstanzen:

1.) Diffusion der kristalloiden Körper,
2.) Diffusion der Kolloide,
3.) mit größter Wahrscheinlichkeit auch Diffusion der Bakterien:
   a) der Bakterienleiber selbst,
   b) der Bakterientoxine, die zu den Kolloiden zählen.

Die Untersuchungen wurden an Menschen- und Tierzähnen ausgeführt. Zunächst versuchte Bauchwitz festzustellen, ob eine 20%ige Jodkalilösung durch den Zahn in eine 0,85%ige Kochsalzlösung diffundiert. Zuerst wurde die Jodkalilösung in den Pulpenraum gebracht, umgebende Flüssigkeit des Zahnes war somit die Kochsalzlösung. Diese Versuche zeigten, daß eine Diffusion der Jodkalilösung von innen nach außen durch die Zahnsubstanzen in das Kochsalz stattfand. Wurde die Jodkalilösung als zahnumgebende Flüssigkeit gewählt, so konnte nachgewiesen werden, daß sie in den Pulpenraum diffundiert war, in dem sich jetzt die Kochsalzlösung befand. Die Zähne waren demnach auch von außen nach innen für Jodkalilösung durchlässig. Bei weiteren Versuchen wurde an Stelle des Jodkali Methylenblau angewandt. Das Resultat war hier, daß der Farbstoff wohl allmählich das Dentin imbibiert, auch manchmal diffundiert, aber im Gegensatz zu den Kristalloiden nicht in den Schmelz durchdringt. Die Versuchsanordnung für die Diffusionsnachweis von Kolloiden bleibt unerwähnt, da sie sehr zweifelhaft erscheint. Für die Untersuchungen über das Diffusionsvermögen von

Bakterien stieß man auf größere Schwierigkeiten, hier wurde mit Bakterium pyozyaneum gearbeitet.

Die Bauchwitz'schen Untersuchungsergebnisse wurden zum Anlaß für eine Reihe theoretischer Erwägungen und weiterer experimenteller Forschung auf diesem Gebiete. Besonders hinsichtlich der Durchlässigkeit der Zahnkrone und damit des Schmelzes wurden starke Zweifel geäußert. Man warf ihm vor, er habe in der Deutung seiner Untersuchungen vor allem eines außer acht gelassen, die Schmelzsprünge. Diese Sprünge und Risse seien teils durch die Beanspruchung des Zahnes im Munde, teils durch die Gewalteinwirkung bei der Entfernung mit der Zange entstanden. Schon Schwarz und Niedergesäß wiesen darauf hin, daß Schmelzsprünge in den Zähnen des menschlichen Gebisses als eine allgemein verbreitete Erscheinung betrachtet werden müssen. Andrion fand, daß bei ungefähr 90% der von ihm untersuchten Gebisse wenigstens an einem Zahn Sprungbildungen festgestellt werden konnten, die nach Entfernung der Zähne auch durch Farblösung sichtbar zu machen sind. Somit erschienen die Bauchwitz'schen Untersuchungsresultate für das Durchlässigkeitsvermögen des Schmelzes für Kristalloide und Kolloide mehr als zweifelhaft. Noch stärker wurden seine Ergebnisse für Kolloide und Bakterien allgemein angegriffen, ebenso wie die einer Arbeit Hermanns, die im gleichen Jahre erschien. Auf Grund seiner experimentellen Untersuchungen glaubte Hermann behaupten zu können, daß der ständige Säfteaustausch zwischen Wurzelkanal und periapikalen Gewebe sehr langsam vor sich geht und zwar nicht auf kapillärem, sondern osmotischem Wege; die Kanalwand somit wahrscheinlich eine semipermeable Membran darstellt. Dieser Ansicht widersprachen Adrions Untersuchungsergebnisse, der für Natriumnitrit, Natriumsulfat und Natriumchlorid eine Diffusion der Salzlösungen selbst durch den Zahn fand. Er glaubte daher, daß die Zahnwandung nicht wie eine semipermeable Membran wirkt. Pfaff vermeinte auf Grund seiner Untersuchungen, daß die harten Zahnsubstanzen wie eine permeable Wand für Kristalloide und Kolloide im Bereich der Zahnwurzel wirken. Außerdem vermutete er, Anhaltspunkte für den Durchmesser des kapillären Weges gefunden zu haben. Er müsse größer als der des Eiweißmoleküls sein, wahrscheinlich mindestens 5,46 $\mu\mu$ betragen. Sommer stellte unabhängig von Bauchwitz eine Reihe ähnlicher Versuche an. Er vergleicht die Zahnwandung mit einer Membran nach Art der tierischen Blase. Nach seiner Auffassung sind entfernte Zähne für Kristalloide durchaus permeabel; für Kolloide sei die Durchlässigkeit noch zweifelhaft. Auch mit Methylenblau führte er Untersuchungen aus und fand im Gegensatz zu Bauchwitz nach ungefähr 3—4 Wochen Durchlässigkeit des Dentins und Schmelzes für diesen Farb-

stoff. Er erklärte dies so, daß nach einer Sättigung der Gewebe mit dem molekularen Suspensionskolloiden eine Adsorption nicht mehr stattfindet und infolgedessen ein Austritt des Farbstoffes erfolgt. Ein Beweis auch für die relative Weitmaschigkeit der Zahngewebe.

Auch Hermann beschäftigte sich mit den Bauchwitz'schen Untersuchungsergebnissen. Die Ansicht, daß Kolloide auch diffundieren, lehnt er glatt ab. Besonders könne das von Bauchwitz verwandte Methylenblau zu Trugschlüssen führen, da es lipoidlöslich und diosmosierend sei. Auch der Durchgängigkeit von Bakterien stand er ablehnend gegenüber. Außerdem könne deren Bewegung nicht als Diffusion bezeichnet werden: „Bakterien wandern". Wenn Bakterien durch die Kanalwände hindurch gingen, geschehe dies bestimmt auf dem Wege durch die präexistierenden Kanäle, wie Fischer solche behauptet, oder durch präexistierende Spalten der harten Zahnwand. Feibusch wiederholte sogar die Bauchwitzschen Untersuchungen. Er konnte für kolloide Körper weder auf chemischem noch auf biologischem Wege eine Bestätigung finden. Auf Grund seiner Untersuchungsresultate hält er ebenso eine Diffusion von Bakterien durch den intakten Schmelz für unmöglich. Bei den Kristalloiden könne man in der Regel auch nicht von einer Diffusion sprechen, vielmehr handle es sich um ein Durchpassieren von Stoffen durch das harte Zahngewebe; nachweisbar sei in den meisten Fällen eine Diffusion durch die Schmelzsprünge. Weitere experimentelle Forschungen wurden von Radosevic betrieben. Sowohl an präeruptiven wie auch an posteruptiven Zähnen fand er, daß intakter Schmelz durchlässig sei. Auf Grund weiterer Untersuchungen glaubte er, einwandfrei osmotische Erscheinungen und somit einen gewissen Stoffwechsel auch im Schmelz der Zähne bewiesen zu haben.

Diese Frage der Sprünge des Zahnschmelzes wurde von neuem zur Grundlage wissenschaftlicher Erörterung. Moeser glaubte beweisen zu können, daß das Dentin in die Schmelzsprünge hineinwächst und sie ausfüllt. Als organische Strukturen des Emaillegewebes werden von Faber die Schmelzsprünge bezeichnet. Er suchte die Einwendungen, die gegen eine Durchlässigkeit der Zahnkrone unter Verweisung auf die sogenannten Schmelzsprünge gemacht wurden, zu entkräften. Nach seiner Ansicht kann also nicht von einer Diffusion der Kristalloide durch den Schmelz gesprochen werden. Wie Feibusch an Schliffen zeigen konnte, sollen die Stoffe in erster Linie ihren Weg durch die sogenannten Sprünge nehmen. Sie gingen damit nach Fabers Ansicht durch keine Kontinuitätstrennung des Schmelzgewebes, sondern durch eine besonders geartete Modifikation desselben, die Boedeckerlamelle. Diese habe im Laufe der Gebrauchsperiode Veränderungen durchgemacht, Mundflüssigkeit und Farbstoffe hätten Eingang in sie gefunden, und so sei der Eindruck eines Schmelzsprunges hervor-

gerufen worden. Den Durchgang von Bakterien bejaht er sogar, allerdings nicht im Bauchwitz'schen Sinne, sondern nur ganz allgemein, wie er besonders betont. „Ich kann mir nicht denken, daß das Gefüge des Schmelzgewebes derartig weitmaschig ist, daß auch Bakterien durch reine Diffusion, also nur getragen von der kapillären Flüssigkeitsströmung, und ohne ihr Durchtreten fördernde Veränderungen der Substanz zu setzen, durch den Schmelz gelangen können." Da seine Forschungsresultate hart angegriffen wurden, stellte Bauchwitz zusammen mit Heinemann von neuem Versuche an, um seine Theorie zu bekräftigen. Er vermeinte jetzt den endgültigen Beweis erbringen zu können, daß Teilchen verschiedener Größen von Albumosen und künstlichen Metallkolloiden durch Dentin und Zahnschmelz dringen, ebenso von biologisch intaktem Serumeiweiß. Nochmals betont Bauchwitz, daß eine wirkliche Diffusion, d. h. ein Wandern der Moleküle bis zum Ausgleich des Konzentrationsgefälles für Kristalloide sicher ist. Auch für Kolloide und Bakterien sollen Schmelz und Dentin in den meisten Fällen durchdringbar sein. Feibusch, der ganz ähnliche Versuche angestellt hat, sei deshalb zu anderen Resultaten gekommen, weil er im Gegensatz zu ihm mit pulpenlosen Zähnen experimentiert habe.

Wohl angeregt durch diese neuen Erörterungen nahm auch Keßler im gleichen Jahre, 1926, in einer Abhandlung zur Frage des Durchlässigkeitsvermögens der harten Zahngewebe Stellung. Er experimentierte an Menschen- und Hammelzähnen. Es wurden Untersuchungen für Eosin, Methylenblau, Malachit, Trikresol, Formalin, Jodtinktur, Lugollösung, Perhydrol, Silbernitratlösung, Kollargol und Diphtherie-Heil-Serum ausgeführt. Desgleichen wurde eine etwaige Bakteriendiffusion vom Zahninnern ins Dentin mit Bakterium pyozyaneum unter sterilen Kautelen nachgeprüft. Ueberall ergab sich trotz einer Versuchsdauer bis zu 4 Wochen ein negatives Resultat. Hermann's Untersuchungsergebnisse fanden dagegen durch Keßler experimentelle Bestätigung. Als grundlegenden Fehler der Hermann'schen sowie seiner eigenen Versuche betrachtete er die Tatsache, daß alle Schlußfolgerungen auf Phantomzähnen, d. h. entfernten Zähnen, basieren. Er glaubt auf Grund von Nachprüfungen behaupten zu können, daß die Diffusion am Zahn im Kiefer langsamer vor sich gehe als an extrahierten Zähnen.

Nachdem die Frage der Durchlässigkeit der Zahnwandung einige Zeit ruhte, wurde sie von neuem wieder aufgegriffen. 1929 veröffentlichte Klein und Henry Amberson physikalische Studien über die Struktur des Schmelzes. Es wurde der Nachweis erbracht, daß der Schmelz mit einer Membran vergleichbar sei und wie sie elektroendosmotischen Einflüssen unterliege. Im gleichen Grade war er für Wasser und Salzlösung durchlässig. Dementsprechend soll auch die Leitungsmöglichkeit sein und der Weg

wahrscheinlich durch die organische Grundsubstanz der Schmelzprismen führen. Auch die elektrische Leitfähigkeit wurde von Bergelmann (Moskau) als Methode zur Bestimmung der Permeabilität des Schmelzes verwandt. Die Durchgängigkeit von toten Menschen-, Hunde- und Kalbszähnen für Wasser, Kaliumchlorid, Natriumchlorid und Calciumchlorid wurde erbracht. Hierbei diffundierte Calciumchlorid langsamer als Natriumchlorid.

1932 erbrachte Jeffery Gordon E.S. im Brit. Dent. Journal eine Abhandlung über die Durchlässigkeit des Schmelzes. Hierin berichtet er u. a., daß der Schmelz menschlicher Zähne gleiche Durchlässigkeit für Farbstoffe und Substanzen in Lösung zeigte. Die Undurchdringlichkeit der Zähne älterer Leute wird nicht für eine Altersveränderung gehalten, auch andere Faktoren sollen die Permeabilität des Gewebes beeinflussen. Nach Boedecker und Applebaum's Schilderungen muß an pulpenlosen und pathologisch verkalkten Zähnen die Durchlässigkeit herabgesetzt sein. Applebaum vermutet außerdem, daß im Dentin durch ein Netzwerk von Kanälen ein Zirkulationssystem aufrecht erhalten werde. Auch Steward Roß behauptet, daß die Durchgängigkeit des Zementes, das er allgemein für Flüssigkeiten durchlässig hält, mit zunehmendem Alter, besonder an den Zahnhälsen, abnimmt.

Auch von deutschen Forschern wurden in den letzten Jahren weitere Untersuchungen über die Durchlässigkeit der Zähne angestellt. Jäger fand auf Grund seiner Untersuchungen:

1.) „Der Schmelz ist für Salzlösung auch von außen durch das Schmelzoberhäutchen durchlässig.

2.) Die vollkommene Durchdringung des Schmelzes mit Salzlösung (Ringerlösung, Zusammensetzung: 0,09% Natriumchlorid, 0,002% Kaliumchlorid, 0,002% Calciumchlorid) dauerte bei Stierzähnen höchstens 1 Tag, bei einem menschlichen Zahn, unversehrt, erreichte sie das Maximum erst nach 3 Tagen.

3.) Das Zahnbein, wie auch der fötale Zahn, verhalten sich in ihrer Durchlässigkeit für Salze wie Tondiaphragmen."

Zuletzt folgt ein kurzer Ueberblick über die Durchlässigkeitsuntersuchungen von West. Er verwandte retinierte Zähne und fand, daß sie für wässrige Lösung von Traubenzucker 10%ig oder Kaliumsulfat 1%ig oder Ferro-Cyankalium nur für das Lösungsmittel Wasser durchgängig waren. Er schloß daher auf eine Semipermiabilität für letztgenannte Lösungen. Für Joddämpfe, Ammoniak- und Kohlenoxydgas ergab sich Permeabilität.

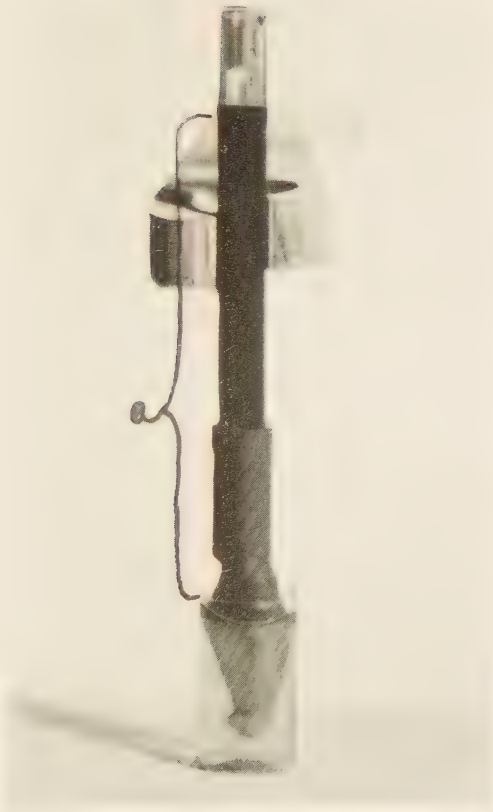
Auch von m i r wurden eine Reihe von Untersuchungen in dieser Richtung angestellt. Anfangs beschränkte ich mich darauf, nur Zahnwurzeln möglichst frisch entfernter einwurzeliger Menschenzähne zu untersuchen. Zuerst wurde der Wurzelkanal ohne Zuhilfenahme irgendwelcher Chemikalien gereinigt. Sodann verband ich den kronenwärts gerichteten Teil mittels eines möglichst kurzen Schlauchstückes mit einer Glasröhre. Der Uebergang vom Schlauch zum Zahn wurde vollkommen fest mit Paraffin abgedichtet und vor jedem Versuch genauestens nachgeprüft. In die Glasröhre wurden nacheinander verschiedene Lösungen gebracht. Sobald sich zeigte, daß die Lösung bis zum Foramen apicale des Zahnes reichte, wurde auch dieser hermetisch mit Paraffin verschlossen. Der so vorbereitete Zahn wurde sodann in ein kleines Reagenzglas gehängt, das mit Aqua dest. gefüllt war und somit die Zahnwurzel von außen umgab.

Auf die Lösung der verschiedenen Stoffe im Zahninnern wirkte der gewöhnliche Luftdruck und der einer Flüssigkeitssäule der Höhe a, die in jedem Falle gleich war. Die Versuche wurden bei Zimmertemperatur ausgeführt. Es sollte festgestellt werden, welche Lösungen durch das Zahngewebe hindurchgehen, da dies, wie schon in der Einleitung erwähnt wurde, in verschiedener Hinsicht von größtem Interesse ist. Das die Zahnwurzel in oben angeführter Weise umgebende Aqua dest. wurde in jedem Falle auf die Diffusion verschiedener Stoffe untersucht, die in Wasser gelöst in den Wurzelkanal gebracht wurden. Es wurden untersucht:

1.) Mittels K o n g o r o t :
   a) 1:1000 in Wasser gelöst
      10 Zahnwurzeln nach 24 Std.: keine Diffusion nachweisbar.
   b) 1:100 in Wasser gelöst
      6 Zahnwurzeln nach 24 Std.: keine Diffusion nachweisbar.
   c) 1:100 in Wasser gelöst
      4 Zahnwurzeln nach 48 Std.: keine Diffusion nachweisbar.

2.) Mittels K o c h s a l z : Mol.-Gew. 58,46
   a) $^1/_6$ Mol-Lösg.
      2 Zahnwurzeln nach 2 Std.: Opalescenz nachweisbar
      6 „ „ 5 „ geringe Diff. „
      5 „ „ 24 „ stärkere Diff. „
      Reagens war Silbernitrat.

3.) Mittels T r a u b e n z u c k e r (Mol-Gew. 198,11)
   a) $^1/_{10}$ Mol-Lösg.
      2 Zahnwurzeln nach 4 Std.: keine Diff. nachweisbar
      2 „ „ 17 „ „ „ „
      2 „ „ 21 „ „ „ „



b) $^2/_5$ Mol-Lösg.
6 Zahnwurzeln nach 28 Std.: ganz ger. Diff. nachweisb.
c) $^1/_1$ Mol-Lösg.
6 Zahnwurzeln nach 24 Std.: Diff. nachweisbar.
d) $^2/_1$ Mol-Lösg.
4 Zahnwurzeln nach 24 Std.: stärk. Diff. nachweisbar.
Reagens für die Versuche mit Traubenzucker war in jedem Falle die Fehling'sche Lösung.

Es wurden Untersuchungen über die Feinheit der Fehling'schen und Trommer'schen Probe und auch der Nylanderreaktion, die alle zum Nachweis von Traubenzucker verwendet werden, angestellt. Hierbei fand ich, daß unter Zuhilfenahme der Fehling'schen Reaktion eine $^1/_{4096}$ Mol-Lösung von Traubenzucker nachweisbar ist. Erst für eine $^1/_{8192}$ Mol-Lösung konnte auf gleiche Art kein Nachweis mehr geführt werden. Nylander als Reagens ergab schon bei einer $^1/_{4096}$ Mol-Traubenzuckerlösung ein negatives Resultat, ebenso erhielt ich ein solches für eine $^1/_{1024}$ Mol-Traubenzuckerlösung auf Grund der Trommer'schen Reaktion. So mag auch verständlich werden, daß West für eine 10%ige Traubenzuckerlösung keine Diffusion mit Trommer nachweisen konnte und deshalb Semipermiabilität der Zahnsubstanz für diesen Stoff annahm. Eine Erkenntnis dieser Erörterung macht die Tatsache verständlich, daß ich auf Grund der Fehling'schen Probe für eine noch verdünntere Traubenzuckerlösung als West sie verwandt hatte, nämlich $^2/_5$ Mol, noch Spuren von Diffusion durch das Zahngewebe finden konnte. Erst bei einer $^1/_{10}$ Mol-Lösung erhielt ich in meinen Versuchen ein negatives Resultat, jetzt war auch dieses Reagens nicht mehr fein genug.

Nun verwandte ich:

4.) Harnstoff (60,05 Mol.Gew.)
a) $^1/_3$ Mol-Lösung
2 Zahnwurzeln nach 16 Std.: keine Diff. erkennbar
4 „ „ 24 „ „ „ „
b) $^1/_1$ Mol-Lösung
6 Zahnkronen nach 48 Std.: keine Diff. nachweisbar
c) $^2/_1$ Mol-Lösung.
5 Zahnwurzeln nach 12 Std.: keine Diff. nachweisbar
3 „ „ 24 „ „ „ „
Reagens: Neßler und Biuret.

Titrierversuche ergaben, daß nur bei einer Verdünnung von $^1/_{16}$ mol. gerade noch unter Zuhilfenahme der Neßler'schen oder der Biuret-Reaktion ein Nachweis für Harnstoff geführt werden kann. Auch dadurch läßt sich das negative Resultat dieser Versuche erklären, da hier in dem dest. Wasser, sofern Harnstoff durch das Zahngewebe diffundierte, eine viel stärkere Verdünnung vorliegen muß.

In gleicher Weise wie bei den Zahnwurzeln sind auch Diffusionsuntersuchungen für den Schmelz der Zähne angestellt worden. Die Dauer der Versuche war hier in jedem Falle 24 Std.; nur für Kongorot wurde sie auf 48 Std. ausgedehnt.

Es wurden untersucht:

1.) mittels Kochsalz-Lösung
   $^1/_6$ Mol-Lösung
   5 Zahnkronen; Diffusion nachweisbar
   Reagens: Silbernitrat.

2.) mittels Traubenzucker-Lösung
   a) $^1/_{10}$ Mol-Lösung
      5 Zahnkronen: bei 3 Zahnkronen ganz geringe Diff. nachweisbar,
      bei 2 Zahnkronen keine Diffusion nachweisbar.
   b) $^2/_1$ Mol-Lösung
      5 Zahnkronen: Diffusion nachweisbar.

3.) mittels Kongorot
   $^1/_{100}$ in Wasser
   5 Zahnkronen: bei 3 Zahnkr. keine Diff. nachweisbar; bei 2 Zahnkr. Spuren d. Diffusion nachweisbar.

Gleiches Resultat ergab sich auch bei Wiederholung der Versuche für Kongorot.

Bei allen diesen Untersuchungen war besonders auffällig, daß die Zahnkronen für dieselbe Mol-Lösung verschieden stark durchlässig waren, natürlich immer innerhalb bestimmter Grenzen. Wodurch kann dies wohl bedingt sein? In erster Linie ist dies meiner Ansicht nach auf die Schmelzsprünge zurückzuführen, die schon im ersten Teil der Arbeit eingehend erörtert wurden. Man könnte auch glauben, daß es durch die verschiedene Oberflächengröße der Zahnkronen verursacht sei. Hiergegen spricht die Tatsache, daß nur mit Prämolaren und Eckzähnen gearbeitet wurde, deren Oberfläche nicht so unterschiedlich groß ist. Selbst wenn ein geringer Einfluß dadurch als bestimmt angenommen wird, so kann er meiner Meinung nach unmöglich die Hauptursache der verschiedenen Durchlässigkeit sein: Die Hauptursache sind die Schmelzsprünge. Dies wird auch hieraus ersichtlich, daß bei den Untersuchungen an Zahnwurzeln, wo doch auch die Oberfläche geringe Unterschiede hinsichtlich der Größe zeigt, dies nicht so eindeutig wahrnehmbar war.

Da die Diffusionsuntersuchungen der Zahnwurzeln für Harnstoff auf Grund der Neßler- und Biuret-Probe negativ ausfielen, könnte man glauben, daß damit eine Grenze für das Diffusionsvermögen von Zement und Dentin gefunden sei. Andererseits aber darf man die grobe Nachweisfähigkeit der beiden Reagentien keinesfalls unberücksichtigt lassen. Sie stellt einwandfrei die allei-

nige Ursache dar, wenn eine Durchdringbarkeit der Zahnwurzeln für Eiweißkörper und eiweißähnliche Stoffe bewiesen werden kann. Die Moleküle der Proteine sind sehr groß, Svedberg hat Mol.-Gew. von 35 000 und vielfachem davon gefunden. Alle in Wasser löslichen Proteine weisen den Kolloidzustand auf.

Pfaff, der eine ganz ähnliche Versuchsanordnung wie ich hatte, konnte eine Diffusion von Diphtherieserum-Behring, das zu den Eiweißkörpern zählt, auf Grund der Biuret-Reaktion nach 12 Tagen feststellen. Die Permeabilität des Schmelzes für verschiedene kristalloide oder kolloide Körper wurde ebenfalls von ihm nachgewiesen. Er verwies aber gleichzeitig auf die Schmelzsprünge, durch die eine einwandfreie Beweisführung gehindert werde.

Da mir die Frage der Durchlässigkeit von Zähnen für Eiweißkörper aus den genannten Gründen als sehr wichtig erschien, verwandte ich zu weiteren Versuchen Tetanusserum. Vorher experimentierte ich noch mit Resorcin, mit dem auch Pfaff gearbeitet hat, und für das auf Grund seiner Forschungsresultate die Zahnsubstanzen durchlässig sind.

Es wurden untersucht:

1.) mittels Resorcin:

a) $^1/_1$ Mol-Lösung
3 Zahnwurzeln; nach 24 Std. keine Diff. nachweisbar.
3 Zahnkronen; nach 24 Std. keine Diff. nachweisbar.

b) $^2/_1$ Mol-Lösung
2 Zahnwurzeln; nach 24 Std. keine Diff. nachweisbar.
2 Zahnkronen; nach 24 Std. keine Diff. nachweisbar.
Reagens: Eisenchlorid.

Wie läßt sich erklären, daß ich im Gegensatz zu Pfaff, der seine Versuche allerdings auf eine Zeitdauer von 12 Tagen ausdehnte, selbst für eine $^2/_1$ Mol-Resorcinlösung nach 24 Std., mit gleichem Reagens wie er es verwandte, keine Diffusion finden konnte?

Untersuchungen ergaben, daß nur noch eine $^1/_{80}$ Mol-Resorcinlösung mit Eisenchlorid nachweisbar ist. Sicherlich sind daher mehrere Tage nötig, bis das die Zähne umgebende Aqua dest. auf Grund einer Resorcindiffusion einer $^1/_{80}$ Mol-Lösung mindestens entspricht. Es könnte nun der Vorschlag gemacht werden, Pfaffs Versuche genau zu wiederholen. Gleiche Verhältnisse können jedoch nicht geschaffen werden, da die Konzentrationen der von ihm verwandten Resorcinlösung nicht angegeben ist. Bei der Diffusionsfrage ist aber gerade die Konzentration der gelösten Stoffe von größter Bedeutung. Konzentriertere Lösungen haben ein stärkeres Diffusionsvermögen. Bisher wurde diese Tatsache fast garnicht berücksichtigt. Unterschiedliche Resultate bei der Wiederholung irgendwelcher Versuche durch andere Forscher können meiner Ansicht nach teils darauf zurückgeführt werden.

Als Eiweißstoff verwandte ich bei meinen Versuchen: Tetanus-Serum. Es wurden untersucht:

Mittels Tetanus-Serum:

4 Zahnwurzeln: nach 24 Std. keine Diffusion nachweisbar
4 Zahnkronen : nach 24 Std. keine Diffusion nachweisbar
3 Zahnwurzeln: nach 48 Std. geringe Diffus. deutl. nachweisbar
4 Zahnkronen : nach 48 Std. geringe Diffus. deutl. nachweisbar

Reagens: Sulfosalicylsäure.

Sulfosalicylsäure ist ein sehr feines Reagens und weist kleinste Mengen von diffundiertem Tetanus-Serum nach, welche für die Biuretreaktion in jedem Falle ein negatives Resultat ergeben. Es könnte der Einwand erhoben werden, daß irgendwelche Eiweißstoffe aus dem Gewebe der pulpenlosen Zähne an Stelle von diffundiertem Tetanus-Serum nachgewiesen worden sei. Um diese Annahme zu entkräftigen, legte ich einen pulpenlosen Zahn, dessen Foramen apikale mit Paraffin umgeben war, in Wasser. Nach 48 Std. konnten mit Sulfosilacylsäure als Reagens keine Spuren von Eiweiß in dem Wasser gefunden werden. Es muß also wirklich bei den Versuchen Tetanus-Serum diffundiert sein. Wegen der Gefahr einer Bildung von Eiweißabbauprodukten durch Einwirkung von Bakterien wurde von einer längeren Versuchsdauer abgesehen.

Durch die Untersuchung mit Tetanus-Serum ist auch die Frage über das Durchlässigkeitsvermögen der Zähne für Harnstoff, die schon eingehend behandelt wurde, geklärt. Der Harnstoff muß auch diffundiert sein.

Auf Grund der Diffusion von Tetanus-Serum kann meiner Meinung nach noch nicht auf die Diffusion von Eiweißstoffen allgemein geschlossen werden. Die Molekulargröße der verschiedenen Proteine ist dafür viel zu unterschiedlich. Ueber die Grenze der Diffusionsmöglichkeit gelöster Stoffe durch das Zahngewebe läßt sich sagen, daß sie zwischen Tetanus-Serum und Kongorot liegen muß. Wohl waren einige Zahnkronen etwas für Kongorot durchlässig. Diese Versuche müssen aber vollkommen unberücksichtigt bleiben, da hier Sprungbildungen und Risse als einzige Ursache der Durchlässigkeit anzusehen sind. Wie schon erwähnt, wird ja allgemein eine Ungenauigkeit der Untersuchungen an Zahnkronen durch sie verursacht.

Zusammenfassung der Ergebnisse von Diffusionsuntersuchungen für die harten Zahnsubstanzen:

1.) Die Zahnwurzeln sind durchlässig für:
Kochsalz, Traubenzucker, Harnstoff und Eiweiß.

2.) Durch Zahnkronen diffundieren:
Kochsalz, Traubenzucker, Tetanusserum und in einzelnen Fällen Kongorot.

3.) Die Untersuchungen über das Durchlässigkeitsvermögen der Zahnkronen lassen durch die vorhandenen Sprungbildungen keine klare Beweisführung zu.

4.) Das Diffusionsvermögen einer Lösung durch das Zahngewebe ist auch von der Konzentration des gelösten Stoffes abhängig.

5.) Die Grenze der Diffusion liegt für Zahnwurzeln zwischen Tetanusserum und Kongorot.

6.) Der Nachweis für die Diffusion eines im Wasser gelösten Stoffes ist abhängig von der Versuchsdauer, der Oberflächengröße des Zahnes und besonders der Feinheit des Reagens.

Am Schlusse meiner Arbeit erlaube ich mir, Herrn Professor Dr. H ä b l e r für die Ueberlassung des Themas meinen besonderen Dank auszusprechen.

Hiermit versichere ich ehrenwörtlich, daß ich außer der angegebenen Literatur keine weiteren Hilfsmittel bei der Abfassung vorliegender Arbeit benutzt habe.

H i l d e g a r d H e r z i g.

Literaturverzeichnis.

Adrion, E.:	Experimentelle Untersuchungen über das Diffusionsvermögen in den harten Zahnsubstanzen. D.M.f. Zahnärzte 1921, H. 21, S. 658—662.
„ „	Schmelzsprünge und Diffusionsvorgänge in den harten Zahnsubstanzen. Z.R. 1922, H. 4, S. 54.
Applebaum E., New-York:	Betrachtungen über die Durchlässigkeit des menschlichen Schmelzes. Ref. D.M.f. Zahnärzte 1932, H. 5, S. 221. Ref. Fortschr. 1931, H. 4, 2. Teil, S. 281.
Bauchwitz, M.:	Diffusionsvorgänge in den harten Zahnsubstanzen. Z.R. 1921, H. 41, S. 645—649; H. 42, S. 661—64.
Bauchwitz und Heimann:	Weitere Untersuchungen über das Durchlässigkeitsvermögen der harten Zahnsubstanz. Z.R. 1926, H. 2, S. 21—25.
Begelmann, Moskau:	Bestimmung der Permeabilität des Schmelzes durch elektrische Leitfähigkeit. Ref. D.M.f. Zahnärzte, 1931, H. 15, S. 750.
Boedecker, Ch. und Applebaum, E.:	Die wechselnde Permeabilität des Dentins und ihre Beziehung zur operativen Zahnheilkunde. Ref. D.Z.W. 1933, H. 34, S. 824. Ref.D.M.f. Zahnärzte, 1933, H. 21, S. 979.
Faber:	Zur Frage der Diffusionsvorgänge in den harten Zahnsubstanzen. Z.R. 1924, Nr. 3, 4, 9 (Vermischtes).
Feibusch:	Zur Frage der sog. Diffusionsvorgänge in den harten Zahngeweben. D.M.f. Zahnärzte, 1922, H. 20, S. 631.
Hermann:	Ueber Diffusionsvorgänge in den harten Zahnsubstanzen. Z.R. 1922. Nr. 8, S. 117/119.
Jäger, O.:	Die Frage der Durchlässigkeit des Zahnschmelzes für Wasser und Salzlösung. V.J. f. Zahnärzte 1933, H. 4, S. 444.
Jeffery Gordon, E. S.:	Ueber die Durchlässigkeit des Zahnschmelzes. Brit. Dent.Journ. 1932, H. 2, S. 65. Ref.D.M.f. Zahnärzte 1933, H. 14, S. 658. Ref.Fortschr. 1933, H. 8, 2. Teil, S. 499.
Keßler H.:	Zur Frage des Durchlässigkeitsvermögens der harten Zahnsubstanzen, Z.R. 1926, H. 5, S. 79.
Kranz:	Ueber Diffusionsvorgänge in den harten Zahnsubstanzen. Z.R. 1921, Nr. 51.
„	Ueber Diffusionsvorgänge in den harten Zahnsubstanzen. Z.R. 1922, Nr. 10, S. 148.
Moeser, E.:	Diffusionsvorgänge in den harten Zahnsubstanzen. Z.R. 1922, Nr. 2, S. 27/29.
Niedergesäß:	Arch. f. Hyg. 308, H. 4 und 5.
Pfaff:	Zur Frage der Durchlässigkeit der harten Zahnsubstanzen. Diss. Freiburg 1921.
Radosevic:	Einige osmotische Untersuchungen an Zähnen. D.M.f. Zahnärzte, 1922, H. 15, S. 664/73.

Sommer: Diffusionsvorgänge und Wurzelfüllung, Z.R. 1921, Nr, 52, S. 824—27.

Steward, Roß, W.: Durchlässigkeit des Zahnzementes und seine Reaktion auf Reizeinflüsse.
Brit. Dent. J. 1933, H. 4, S. 177.
Ref. D.Z.W. 1934, H. 28, S. 662.

West, Ch.: Untersuchungen über die Durchlässigkeit der harten Zahnsubstanzen und einiger zahnärztl. Materialien anläßlich einer Prüfung des Claustrinlackes Schw. Z. f. Zahnärzte, 1933. H. 12, S. 159.

Lebenslauf.

Ich, Hildgard Herzig, wurde am 22. März 1913 als Tochter des Zahnarztes Dr. med. dent. Oskar Herzig in Oberursel/Ts. geboren. Nach 10-jähriger Schulzeit in dem Lyceum Oberursel trat ich 1929 in die Oberrealschule Oberursel ein und legte dort am 13. Februar 1932 die Reifeprüfung ab. Dann begann ich im Sommersemester 1932 das Studium der Zahnheilkunde in Frankfurt/Main und bestand am Ende des Sommersemesters 1933 die Zahnärztliche Vorprüfung. Nach einem weiteren Semester an der Universität Frankfurt bezog ich im Sommersemester 1934 die Universität Würzburg. Am 5. Dezember 1935 erlangte ich dortselbst die zahnärztliche Approbation.